
(19) KOREAN INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE

KOREAN PATENT ABSTRACTS

(11)Publication number: 1020020037965 A
(43)Date of publication of application: 23.05.2002

(21)Application number: 1020000067975
(22)Date of filing: 16.11.2000

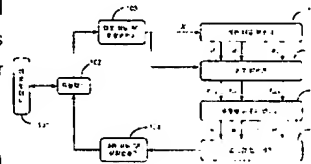
(71)Applicant: KOREA ELECTRONICS
& TELECOMMUNICATIONS
RESEARCH INSTITUTE
(72)Inventor: KYUNG, MUN GEON
PARK, HYEONG GEUN

(51)Int. Cl. H01Q 3/38

(54) DOWN LINK BEAM FORMING SYSTEM AND METHOD USING UPLINK ARRAY RESPONSE VECTOR

(57) Abstract:

PURPOSE: A down link beam forming system and a method thereof are provided to transmit a maximal power to a direction in which a desired terminal is located using a receiving array response vector obtained in a uplink.



CONSTITUTION: An adaptive array modulator(105) generates a reference signal necessary to estimate a receiving array response vector. A correlator(106) estimates the receiving array response vector by obtaining an average with respect to a time of a signal obtained by multiplying the reference signal by digital receiving data. A transmission beam form weight calculator(110) removes an uplink channel component from the receiving array response vector to obtain a receiving antenna response vector. The transmission beam form weight calculator(110) calculates a transmission beam form weight using the receiving antenna response vector. A down link beam form device(107) multiplies the beam form weight by a user signal to perform a down link beam form function.

© KIPO 2002

Legal Status

Date of request for an examination (20001116)

Notification date of refusal decision (20021202)

Final disposal of an application (rejection)

Date of final disposal of an application (20021202)

(19) 대한민국특허청 (KR)
(12) 공개특허공보 (A)

(51) Int. Cl. ⁷
H01Q 3/38

(11) 공개번호 특허2002 - 0037965

(43) 공개일자 2002년05월23일

(21) 출원번호 10 - 2000 - 0067975
(22) 출원일자 2000년11월16일

(71) 출원인 한국전자통신연구원
오길록
대전 유성구 가정동 161번지

(72) 발명자 박형근
대전광역시서구원평3동312번지전원아파트101동906호
경문건
대전광역시유성구신성동대림두레아파트108동1404호

(74) 대리인 전영인

심사청구 : 있음

(54) 역방향 배열 응답 벡터를 이용한 순방향 빔 형성 시스템 및 그 방법

요약

본 발명은 원하는 사용자가 위치한 방향으로 최대 이득을 가지는 안테나 빔을 형성하는 순방향 빔 형성 시스템 및 그 방법을 제공하는데 그 목적이 있다.

이러한 목적을 달성하기 위하여 본 발명에서는 역방향에서 추정된 수신 배열 응답 벡터를 이용하여 순방향 빔형성을 수행하는 두 가지 방법을 제시하였다. 첫째는 신호 도래각을 추정하여 원하는 사용자 방향으로 최대 안테나 이득을 형성하는 알고리즘으로 도래각 추정 속도를 증가시키는 방법을 제시하였다. 둘째는 수신 배열 응답 벡터를 이용하여 추정된 수신 안테나 응답 벡터에 응답 변환 행렬을 곱하여 송신 빔 형성 가중치 벡터를 직접 구하는 방법을 제시하였다.

대표도
도 1

색인어
빔 형성, 배열 안테나, 스마트 안테나, 적응 배열 안테나

명세서

도면의 간단한 설명

도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 기지국 시스템에서 순방향 빔 형성 시스템과 이를 구현하는데 필요한 주변 장치의 구성도이고,

도 2는 도 1에 도시된 빔 형성 가중치 연산기의 구성을 나타낸 구성도이고,

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 역방향 배연 응답 벡터를 이용한 순방향 빔 형성 시스템에서 안테나 지향 각도를 0도로 선정하였을 때, 윈도우에 따른 빔 폭과 루업 레벨의 관계를 보여주는 도면이고,

도 4 및 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 역방향 배연 응답 벡터를 이용한 순방향 빔 형성 시스템에서 배연 안테나 방사 소자의 이득 특성으로 인하여 배연 안테나 이득이 지향 각도에 따라 변하는 것을 보여주는 도면으로서,

도 4는 이득 손실 보상이 없는 안테나 패턴을 나타낸 도면이고,

도 5는 이득 손실 보상이 된 안테나 패턴을 나타내는 도면이다.

도 6은 수신 배연 응답 벡터를 이용하여 각 사용자의 도래각을 예측함으로써 순방향 빔 형성 가중치를 구하는 순방향 빔 형성 가중치 연산기의 구성도이고,

도 7은 안테나 빔의 주엽(Mainlobe)를 제어하기 위한 윈도우를 나타낸 도면이고,

도 8은 도 7에서 나타낸 윈도우에 따른 각도별 수신 신호의 세기를 나타낸 도면이고,

도 9는 본 발명의 일 실시예에 따라 도래각 추정 속도를 향상시킨 개념을 나타내는 도면이다.

※ 도면의 주요부분에 대한 부호의 설명 ※

101 : 배연 안테나 102 : 듀플렉서

103 : 다중 채널 RF 하향 변환기 104 : 다중 채널 RF 상향 변환기

105 : 적응 배연 복조기 106 : 상호 상관기

107 : 순방향 빔 형성기 110 : 빔 형성 가중치 연산기

201 : 정규화기 202 : 안테나 응답 변환기

203 : 안테나 응답 변환 행렬 기억 장치

601 : 수신 안테나 응답 행렬 기억 장치

602 : 도래각 추정기

603 : 빔형성 가중치 루업 테이블

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 역방향 배연 응답 벡터를 이용한 순방향 빔 형성 시스템 및 그 방법에 관한 것으로서, 보다 상세하게 설명하면 원하는 사용자가 위치한 방향에서 최대 이득을 가지고, 다른 사용자에게 대한 간섭 신호를 줄이기 위하여 부엽 레벨이 낮은 송신 안테나 빔을 형성하는 순방향 빔 형성 시스템 및 그 방법에 관한 것이다.

적응 배연 안테나 기지국 시스템에서 순방향 빔형성기법으로 다른 사용자가 위치한 방향으로 송신하는 신호 전력은 최소로 하면서 원하는 사용자에게 신호를 송신하는 '최대 신호대 간섭비' 방법이 있다. 이 방법은 모든 사용자에게 대한 공간 상관 행렬을 필요로 하므로 사용자의 수가 증가하는 경우, 계산량이 급격히 증가한다. 또한, 사용자 수가 배연 안테나 방사 소자 개수보다 월등히 많아지면 송신 안테나 빔에서 널(null)을 형성하여 간섭 신호를 충분히 제거해 줄 수 있다는 잇점이 줄어든다.

따라서, 다른 사용자의 방향을 전혀 고려하지 않고, 원하는 사용자가 위치한 방향으로 송신 안테나의 이득을 최대로 하여 단말기에서 신호 대 잡음비를 최대로 하는 '최대 신호대 잡음비' 방법이 다소 저하된 성능을 보임에도 불구하고, 구현이 간단하므로, 적응 배연 안테나 기지국 시스템에 적합하다. 이 '최대 신호대 잡음비' 방식은 송신 안테나 응답 벡터를 순방향 빔 형성 가중치 벡터로 활용하는 것으로서, 그로 인하여 형성된 안테나 패턴에서 부엽 레벨을 감소시키기 위하여 빔 형성 가중치에 윈도우나 부엽 레벨 조정 계수를 곱하는 방식이 배연 안테나를 이용하는 다른 응용 분야에서 많이 활용되어 왔다.

한편 종래의 '최대 신호대 잡음비' 방식에도 여러 가지 문제점이 있는 바, 이를 살펴보면 다음과 같다.

첫째, FDD 방식에서는 송수신 주파수가 서로 다르므로, 이에 따라 안테나 응답 벡터도 상이하다. 일반적으로 순방향 빔 형성 알고리즘은 역방향에서 구한 안테나 응답 벡터를 활용하는 경우가 많은데, 이때 주파수에 따른 안테나 응답 벡터의 변화를 고려하여야 한다는 문제점이 있다.

둘째, 다른 사용자에게 보내는 신호를 줄이기 위해서는 윈도우를 이용하여 송신 빔의 부엽 레벨을 낮추어야 한다. 윈도우를 곱한 빔 형성 가중치 벡터는 송신 빔의 부엽 레벨을 낮추게 하므로, 다른 배연 안테나 응용 분야에서 널리 이용되어 왔다. 그러나, 기존의 윈도우를 그대로 이용하면, 형성된 빔의 부엽 레벨이 현격히 낮아지는 장점은 있으나, 주엽 폭도 크게 증가하여, 배연 안테나의 방사 소자 개수가 제한되어 있는 이동 통신 기지국 시스템의 경우, 각도 분해능이 떨어지므로, 원하는 성능 향상을 얻기가 힘들다는 문제점이 있다.

셋째, 단일 안테나의 이득으로 인하여 섹터 내에서 배연 안테나 이득이 지향 각도에 따라 가변적이다. 고정된 빔 안테나를 사용하는 기존의 기지국 시스템은 섹터 별로 안테나가 할당되어 있다. 이때, 특정 섹터를 지향하는 안테나는 다른 섹터들에 대한 간섭을 최소화하도록 설계되어야 하므로, 지향하는 섹터 내에서도 각도에 따라 안테나 이득이 변하는 특성을 지닌다는 문제점이 있다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

따라서, 본 발명은 상기와 같은 종래 기술의 문제점을 해결하기 위한 것으로서, 본 발명의 목적은 배연 안테나를 이용하는 대역 확산 CDMA(Code Division Multiple Access) 기지국에서, 역방향에서 구한 수신 배연 응답 벡터를 이용하여 원하는 단말기가 위치한 방향으로 최대 전력을 송신하는 순방향 빔 형성 시스템 및 그 방법을 제시하기 위한 것이다.

발명의 구성 및 작용

상기한 목적을 달성하기 위한 본 발명에 따르면, 수신 배연 응답 벡터 추정을 위하여 필요한 기준 신호를 생성하는 적응

배열 복조 수단; 상기 적응 배열 복조 수단에서 생성된 기준 신호 및 상기 디지털 수신 데이터를 곱하여 시간에 대하여 평균값을 구함으로써 수신 배열 응답 벡터를 추정하는 상호 상관 수단; 상기 수신 배열 응답 벡터를 입력받아 역방향 채널 성분을 제거하여 수신 안테나 응답 벡터를 구한 후, 이를 이용하여 송신 빔형성 가중치를 연산하는 송신 빔 형성 가중치 연산 수단; 및 상기 빔 형성 가중치와 사용자 신호를 곱하여 순방향 빔 형성 기능을 수행하는 순방향 빔 형성 수단을 포함하여 이루어진 것을 특징으로 하는 역방향 배열 응답 벡터를 이용한 순방향 빔 형성 시스템이 제공된다.

또한, 수신 배열 응답 벡터 추정을 위하여 필요한 기준 신호를 생성하는 제 1 단계; 상기 제 1 단계에서 생성된 기준 신호와 상기 디지털 수신 데이터를 곱하여 만든 신호의 시간에 대하여 평균값을 구함으로써 수신 배열 응답 벡터를 추정하는 제 2 단계; 상기 수신 배열 응답 벡터에서 역방향 채널 성분을 제거하여 수신 안테나 응답 벡터를 구한 후, 이를 이용하여 송신 빔형성 가중치를 연산하는 제 3 단계; 및 상기 제 3 단계에서 변환된 상기 송신 빔 형성 가중치와 사용자 신호를 곱하여 송신 안테나 빔을 형성하는 제 4 단계를 포함하여 이루어진 것을 특징으로 하는 역방향 배열 응답 벡터를 이용한 순방향 빔 형성 방법이 제공된다.

또한, 컴퓨터에, 수신 배열 응답 벡터 추정을 위하여 필요한 기준 신호를 생성하는 제 1 단계; 상기 제 1 단계에서 생성된 기준 신호와 상기 RF 데이터를 곱하여 만든 신호의 시간에 대하여 평균값을 구함으로써 수신 배열 응답 벡터를 추정하는 제 2 단계; 상기 수신 배열 응답 벡터에서 역방향 채널 성분을 제거하여 수신 안테나 응답 벡터를 구한 후, 이를 이용하여 송신 빔형성 가중치를 연산하는 제 3 단계; 및 상기 제 3 단계에서 변환된 상기 송신 빔 형성 가중치와 사용자 신호를 곱하여 송신 안테나 빔을 형성하는 제 4 단계를 포함하여 이루어진 것을 실행시킬 수 있는 프로그램을 기록한 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록 매체가 제공된다.

이하, 첨부된 도면을 참조하면서 본 발명의 일 실시예에 따른 역방향 배열 응답 벡터를 이용한 순방향 빔 형성 시스템 및 그 방법을 보다 상세하게 설명하기로 한다.

도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 대역 확산 CDMA 기지국 시스템에서의 순방향 빔 형성 시스템 및 이를 구현하는데 필요한 주변 장치를 나타낸 구성도로서, 이는 배열 안테나(101), 듀플렉서(102), 다중 채널 RF 하향 변환기(103), 다중 채널 RF 상향 변환기(104), 적응 배열 복조기(105), 상호 상관기(106), 빔 형성 가중치 연산기(110) 및 순방향 빔 형성기(107)로 구성된다.

본 실시예에서는 상기 배열 안테나(101)는 신호의 송신과 수신을 동시에 담당하고 있으나, 송신과 수신을 담당하는 배열 안테나를 따로 설계하는 것도 본 발명의 범주 이내이다. 또한 다중 채널 RF 하향 변환기(103)와 다중 채널 RF 상향 변환기(104)의 전달함수 특성이 모두 동일한 것으로 가정하였으나, 본 발명은 전달함수 특성이 다른 경우에도 적절한 변형을 거치면 적용 가능하다.

상기 배열 안테나(101)를 통하여 수신된 데이터는 상기 듀플렉서(102) 및 상기 다중 채널 RF 하향 변환기(103)를 거친 후, 상기 적응 배열 복조기(105)로 입력된다. 상기 적응 배열 복조기(105)는 수신 배열 응답 벡터 추정을 위하여 필요한 상호 상관기(106)의 기준 신호를 제공한다. 이때 기준 신호는 의사잡음 코드나 모뎀으로부터 피드백된 심변을 이용하여 만든다.

상기 상호 상관기(106)는 아래의 [수학식 1]에 따라, 상기 적응 배열 복조기(105)로부터 얻은 기준 신호 및 측정 데이터를 곱한 값의 시간에 대한 평균값을 구한다.

[수학식 1]

$$r_{\text{avg}} = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} x(n)d_1(n)$$

여기서, $x(n)$ 은 n 번째 시간에 수신된 연벡터이고, d_i 는 i 번째 단말기에 대한 기준 신호이다.

상기 빔 형성 가중치 연산기(110)는 상기 상호 상관기(106)의 결과값을 입력받아 순방향 빔 형성 가중치를 구하고, 상기 순방향 빔 형성기(107)는 상기 빔 형성 가중치와 사용자 신호를 곱하여 순방향 빔 형성을 수행한다.

상기 다중 채널 RF 상향 변환기(104)는 상기 순방향 빔 형성기(107)의 결과값을 입력받아 RF 변환을 수행한 후, 다시 상기 듀플렉서(102)로 전달한다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 도 1에 도시된 빔 형성 가중치 연산기(110)의 구성을 나타낸 구성도로서, 상기 빔 형성 가중치 연산기(110)는 다수의 정규화기(201), 다수의 안테나 응답 변환기(202) 및 안테나 응답 변환 행렬 기억 장치(203)로 구성된다.

상기 다수의 정규화기(201)는 아래의 [수학식 2]에서처럼, 상기 상호 상관기(106)에서 구한 수신 배열 응답 벡터, $r_{xd,i}$ 를 정규화하여 역방향 채널 성분을 제거함으로써, 수신 안테나 응답 벡터, v_i 를 구한다.

수학식 2

$$v_i = \frac{r_{xd,i}}{\|r_{xd,i}\|}$$

여기서, v_i 는 i 번째 단말기의 수신 안테나 응답 벡터 추정값이다.

상기 안테나 응답 변환 행렬 기억 장치(203)는 안테나 응답 변환 행렬 T 를 저장한다. 안테나 응답 변환 행렬은 아래의 [수학식 3]에서처럼, 수신 안테나 응답 벡터를 송신 빔 형성 가중치 벡터로 변환한다.

수학식 3

$$w_i = T v_i$$

$$T A_r \approx B$$

여기서, w_i 는 i 번째 단말기에 대한 순방향 빔 형성 가중치 벡터이고, 안테나 응답 변환 행렬 T 는 수신 배열 안테나 응답 행렬 A_r 을 송신 빔 형성 가중치 목표 행렬 B 에 근사한 값으로 변환시키는 행렬이며, 송신 빔 형성 가중치 목표 행렬은 수신 안테나 응답 벡터를 근사시키고자 하는 목표 빔 형성 가중치 벡터로 구성된 행렬이다.

한편, 위의 [수학식 3]에서 T 는 여러 가지 최적화 방법으로 구할 수 있는데, 그 중 하나를 소개하면, 아래의 [수학식 4]에서처럼, 의사 역행렬(Pseudo - Inversion)을 이용하여 구할 수도 있다.

수학식 4

$$T = B A_r^H [A_r A_r^H]^{-1}$$

위의 [수학식 4]에서 알 수 있는 것처럼, 안테나 응답 변환 행렬은 송수신 안테나 응답 행렬과 빔형성 가중치 목표 행렬의 함수이므로, 모든 수신 배열 응답 벡터에 적용이 가능하다.

한편, 상기 수신 배열 안테나 응답 행렬, A_r 과 상기 빔형성 가중치 목표 행렬, B 는 아래의 [수학식 5]와 같이 표현된다.

수학적식 5

$$A_i = [a_{r,1}, a_{r,2}, \dots, a_{r,N_s}]$$

$$B = [b_1, b_2, \dots, b_{N_s}]$$

$$b_i = \alpha_i \wedge \alpha_{i,1}$$

여기서, N_s 는 안테나 응답 벡터를 측정한 샘플 각도의 개수이고, $a_{r,i}$ 는 i 번째 각도에 대한 수신 배열 안테나의 응답을 나타내는 벡터이며, b_i 는 i 번째 각도에 대한 송신 안테나 응답 벡터에 부엽 레벨을 감소시키기 위한 윈도우를 곱하고 배열 안테나 방사 소자의 이득을 보상해주기 위한 값을 곱한 벡터이며, $a_{r,i}$ 는 i 번째 각도에 대한 송신 안테나 응답 벡터이고, Λ_i 는 대각 행렬로 대각 성분은 윈도우를 구성하는 값들이다.

한편, 윈도우는 안테나의 지향 각도에 따라서 가변적으로 설정할 수도 있다. α_i 는 단일 안테나 이득이 배열 안테나 지향 각도에 따라 이득이 변하는 것을 보상해주기 위한 값으로 단일 안테나 이득과 반비례하도록 설정한다.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 순방향 빔 형성 시스템에서 안테나 지향 각도를 0도로 설정하였을 때, 윈도우에 따른 빔 폭과 부엽 레벨의 관계를 보여주는 도면으로서, 이를 상세히 설명하면 다음과 같다.

사각형 윈도우는 주엽의 폭이 상대적으로 좁으나, 부엽 레벨의 크기가 높아 다른 사용자에게 상대적으로 큰 간섭 신호를 송신하게 되며, 기존의 해밍 윈도우를 그대로 사용하면, 부엽 레벨이 충분히 낮아지지만, 주엽 폭이 지나치게 넓어져, 배열 안테나의 각도 분해능이 떨어지는 것을 알 수 있다. 이에 반하여 전체 해밍 윈도우에서 양 끝단의 20%는 버리고, 중간 부분의 60%만을 취하여 만든 윈도우를 이용하여 구한 빔 패턴은 부엽 레벨과 주엽 폭의 측면에서 사각형 윈도우와 해밍 윈도우의 중간 단계로서, 이동 통신 환경에 더욱 적합한 특성을 가진다.

즉, 윈도우 함수의 증가 및 감소 정도가 커질수록, 부엽 레벨은 감소하나, 주엽 폭이 넓어지는 정도가 커진다는 것을 알 수 있다. 따라서, 윈도우 함수의 증가 및 감소 정도를 적절히 조절하면, 부엽 레벨과 주엽 폭을 적절히 조절할 수 있다.

도 4 및 도 5는 도 2에서 제시한 순방향 빔 형성 시스템의 일 실시예에 따른 것으로, 각각 배열 안테나를 구성하는 단일 안테나 방사 소자의 이득 특성으로 인하여 배열 안테나 이득이 지향 각도에 따라 변하는 것과 송신 빔형성 가중치 복표 행렬을 적절히 선택하여 이러한 이득 변화를 보상하는 것을 보여주는 도면으로서, 이를 상세히 설명하면 다음과 같다.

도 4는 이득 손실 보상이 없는 안테나 패턴을 나타낸 도면으로서, 방사 소자의 이득 변화를 보상하지 않는 경우에는 배열 안테나의 각도에 따른 이득 변화는 방사 소자의 이득 변화와 거의 유사하지만, 도 5처럼 이득 손실 보상이 된 안테나 패턴의 경우에는 배열 안테나의 이득이 각도에 관계없이 거의 일정함을 보여주고 있다. 따라서, 본 발명에서 제안하고 있는 바에 따르면, 순방향 빔 형성 가중치 벡터 복표치를 조절하는 방식을 사용함으로써, 신호 도래각을 추정하지 않고도 각도에 따른 이득을 보상할 수 있다는 것을 알 수 있다.

도 6은 수신 배열 응답 벡터를 이용하여 각 사용자의 도래각을 예측함으로써 순방향 빔형성 가중치를 구하는 순방향 빔형성 연산기의 구성도로서, 상기 순방향 빔 형성 연산기는 수신 안테나 응답 행렬 기억 장치(601), 다수의 도래각 추정기(602) 및 빔 형성 가중치 복표 테이블(603)로 구성되어 있다.

이 방법은 다른 사용자가 위치한 방향에 관계없이 원하는 사용자가 위치한 방향으로 최대 이득을 가지면서 부엽(Side lobe) 레벨이 낮은 송신 안테나 빔을 형성하는 것이다.

상기 빔형성 가중치 복업 테이블(603)은 송신 안테나 응답 특성을 고려하여 각도별로 미리 계산된 빔형성 가중치를 저장한다. 따라서, 일단 신호 도래각 추정기(602)가 끝나면 순방향 빔형성 가중치는 상기 도래각에 해당하는 빔형성 가중치를 상기 빔형성 가중치 복업 테이블(603)에서 가져온다. 상기 도래각 추정기(602)는 상기 [수학식 2]와 같이 상기 상호 상관기(106)에서 구한 수신 배열 응답 벡터, $r_{\text{rd},i}$ 를 정규화하여 역방향 채널 성분을 제거함으로써, 수신 안테나 응답 벡터, v_i 를 구한 후, 아래의 [수학식 6]에서 표현한 것처럼, 미리 측정된 수신 안테나 응답 행렬, A_r 을 서로 상관하여 각도에 따른 신호의 세기, $P_{\text{RC},i}(\theta)$ 를 구하고 임계값과 비교하여 도래각을 추정한다.

수학식 6

$$P_{\text{RC},i}(0) = v_i^H A_r$$

본 발명에서는 이러한 벡터 상관을 이용하여 도래각을 추정할 때 계산량을 줄이기 위한 방법으로 전체 도래각 범위에서 좁은 각도 간격으로 수신 신호의 세기를 계산하는 대신, 큰 각도 간격으로 수신 신호 세기를 구하여 도래각 근사치를 먼저 획득하고, 상기 도래각 근사치 주위의 각도에 대하여 다시 좁은 각도 간격으로 수신 신호 세기를 구하여 보다 정확한 신호 도래각을 추정하는 기법을 제시하였다. 이 기법을 도 7, 도 8, 도 9를 통하여 좀 더 구체적으로 설명하면 다음과 같다.

도 7은 안테나 빔의 주엽(mainlobe)을 제어하기 위한 윈도우를 나타낸 도면으로서, 배열 안테나를 구성하는 방사소자의 개수가 8개인 경우, 안테나 빔폭을 제어하기 위한 윈도우를 나타낸 것이다. 윈도우 1은 2 번째부터 7 번째 원소는 해밍(Hamming) 윈도우 계수를 가지고 나머지는 모두 0을 가지는 윈도우이다. 윈도우 2는 해밍 윈도우의 가운데 부분 65%에 해당하고, 윈도우 3은 사각형(Rectangular) 윈도우이다.

도 8은 도 7에서 나타낸 윈도우에 따른 각도별 수신 신호의 세기를 나타낸 도면으로서, 상기 도 7에서 그린 윈도우를 수신 안테나 응답 벡터, v_i 에 곱하여 구한 벡터와 -60 ~ +60 도 내의 각도에 대한 수신 배열 안테나 응답 행렬을 상관하여 구한 각도별 수신 신호 세기를 나타낸 것이다. 그림에서 수신 신호 세기 1, 수신 신호 세기 2 그리고 수신 신호 세기 3은 각각 윈도우 1, 윈도우 2 그리고 윈도우 3에 해당한다. 그림에서, 윈도우에 따라 빔폭이 변하는 것을 볼 수 있다. 따라서, 도래각 추정시 수신 배열 안테나 응답 벡터, b_i 에 특정 윈도우를 곱하여 빔폭을 넓힌 후 넓은 각도 간격으로 상관값을 구하여 도래각의 근사치를 획득하고, 다시 다른 윈도우로 빔폭을 좁게 만들고 상기 도래각 근사치 주위에서 좁은 각도 간격으로 상관값을 구하여 더욱 정밀한 도래각을 추정하면 계산량을 줄일 수 있다.

도 9는 본 발명의 일 실시예에 따라 도래각 추정 속도를 향상시킨 개념을 나타내는 도면으로서, 본 실시예에서는 실제 신호의 도래각은 34도로 선정하였다.

먼저, 수신 안테나 응답 벡터에 윈도우1을 곱하고 -60 ~ 60도 내에서 20도 간격으로 상관값을 구하고, 그 중 최대값을 찾아 40 도라는 도래각 근사치를 획득한다. 다음에는 수신 안테나 응답 벡터에 윈도우 2를 곱하여 25 ~ 55 도 내에서 5도 간격으로 상관값을 구하고, 그 중 최대값을 찾아 좀 더 정확한 도래각, 32.5 도를 획득한다. 마지막으로 30 ~ 35 도 범위내에서 1.5도 간격으로 상관값을 구하고, 그 중 최대값을 찾아 최종적인 도래각, 34 도를 획득한다. 이와 같은 방법은 전체 범위, -60 ~ +60도 범위내에서 1.5 도 간격으로 순차적으로 상관값을 구하는 방법에 비하여 계산량이 줄어든다. 이와같이 서로 다른 윈도우를 곱하여 안테나 빔폭을 제어하는 것은, 윈도우를 곱하지 않았을 때 안테나 빔폭이 너무 좁아 큰 각도 간격으로 수신 신호 세기를 계산하면 신호 도래각 주위의 각도에 대하여 수신 신호 세기를 계산하지 못하는 경우가 생기는 것을 방지하기 위한 것이다. 따라서, 윈도우를 곱하여 빔폭을 제어하는 것은 배열 안테나의 방사소자 개수가 많은 때 특히 유용하며, 배열 안테나 방사 소자 개수가 많지 않은 경우에는 윈도우를 바꾸지 않아도 된다.

위에서 양호한 실시예에 근거하여 이 발명을 설명하였지만, 이러한 실시예는 이 발명을 제한하려는 것이 아니라 예시하려는 것이다. 이 발명이 속하는 분야의 숙련자에게는 이 발명의 기술 사상을 벗어남이 없이 위 실시예에 대한 다양한 변화나 변경 또는 조절이 가능함이 자명할 것이다. 그러므로, 이 발명의 보호 범위는 첨부된 청구 범위에 의해서만 한정된 것이며, 위와 같은 변화예나 변경예 또는 조절예를 모두 포함하는 것으로 해석되어야 할 것이다.

발명의 효과

이상과 같이 본 발명은 배열 안테나를 이용하는 기지국 시스템에서 순방향 빔 형성가중치를 구하는 방법을 제공하는 것으로, 원하는 사용자가 위치한 방향에서 송신 안테나 이득이 최대가 되게 하여 단말기에서 신호대 잡음비를 최대로 하고, 안테나 빔의 부엽 레벨을 낮추어 다른 사용자에 대한 간섭을 감소시키는 효과가 있다.

(57) 청구의 범위

청구항 1.

수신 배열 응답 벡터 추정을 위하여 필요한 기준 신호를 생성하는 적응 배열 복조 수단;

상기 적응 배열 복조 수단에서 생성된 기준 신호와 상기 디지털 수신 데이터를 곱하여 만든 신호의 시간에 대하여 평균값을 구함으로써 수신 배열 응답 벡터를 추정하는 상호 상관 수단;

상기 수신 배열 응답 벡터에서 역방향 채널 성분을 제거하여 수신 안테나 응답 벡터를 구한 후, 이를 이용하여 송신 빔 형성 가중치를 연산하는 송신 빔 형성 가중치 연산 수단; 및

상기 빔 형성 가중치와 사용자 신호를 곱하여 순방향 빔 형성 기능을 수행하는 순방향 빔 형성 수단을 포함하여 이루어진 것을 특징으로 하는 역방향 배열 응답 벡터를 이용한 순방향 빔 형성 시스템.

청구항 2.

제 1 항에 있어서,

상기 적응 배열 복조 수단은 CDMA (Code Division Multiple Access) 시스템에서 의사잡음 코드 또는 모뎀으로부터 피드백된 심벌을 이용하여 기준 신호를 생성하는 것을 특징으로 하는 역방향 배열 응답 벡터를 이용한 순방향 빔 형성 시스템.

청구항 3.

제 1 항에 있어서,

상기 빔 형성 가중치 연산 수단은,

기설정된 안테나 응답 변환 행렬을 저장하는 안테나 응답 변환 행렬 기억 장치;

상기 상호 상관 수단 출력인 수신 배열 응답 벡터를 정규화하여 역방향 채널 성분을 제거함으로써 수신 안테나 응답 벡터를 구하는 정규화기; 및

상기 안테나 응답 변환 행렬 기억 장치로부터 안테나 응답 변환 행렬을 입력받아, 상기 정규화기에서 출력된 수신 안테나 응답 벡터를 곱하여 송신 빔 형성 가중치 벡터로 변환하는 안테나 응답 변환기를 포함하여 이루어진 것을 특징으로 하는 역방향 배열 응답 벡터를 이용한 순방향 빔 형성 시스템.

청구항 4.

수신 배열 응답 벡터 추정을 위하여 필요한 기준 신호를 생성하는 제 1 단계;

상기 제 1 단계에서 생성된 기준 신호와 상기 디지털 수신 데이터를 곱하여 만든 신호의 시간에 대하여 평균값을 구함으로써 수신 배열 응답 벡터를 추정하는 제 2 단계;

상기 제 2 단계의 수신 배열 응답 벡터에서 역방향 채널 성분을 제거하여 수신 안테나 응답 벡터를 구한 후, 이를 이용하여 송신 빔형성 가중치를 연산하는 제 3 단계; 및

상기 제 3 단계에서 변환된 상기 송신 빔형성 가중치와 사용자 신호를 곱하여 송신 안테나 빔을 형성하는 제 4 단계를 포함하여 이루어진 것을 특징으로 하는 역방향 배열 응답 벡터를 이용한 순방향 빔형성 방법.

청구항 5.

제 4 항에 있어서,

상기 제 1 단계는 CDMA(Code Division Multiple Access) 시스템에서 의사잡음 코드 또는 모뎀으로부터 피드백된 심벌을 이용하여 기준 신호를 생성하는 것을 특징으로 하는 역방향 배열 응답 벡터를 이용한 순방향 빔형성 방법.

청구항 6.

제 4 항에 있어서,

상기 제 3 단계는,

기설정된 안테나 응답 변환 행렬을 저장하는 제 1 서브 단계;

상기 제 2 단계에서 구한 수신 배열 응답 벡터에서 역방향 페이딩 성분을 제거하여 수신 안테나 응답 벡터를 구하는 제 2 서브 단계; 및

상기 제 1 서브 단계에서 저장한 안테나 응답 변환 행렬을 입력받아, 상기 제 2 서브 단계에서 출력된 수신 안테나 응답 벡터에 곱하여 송신 빔형성 가중치 벡터를 구하는 제 3 서브 단계를 포함하여 이루어진 것을 특징으로 하는 역방향 배열 응답 벡터를 이용한 순방향 빔형성 방법.

청구항 7.

제 6 항에 있어서,

상기 제 1 서브 단계는,

송신 빔형성 가중치 목표 벡터를 각도변로 모두 모아 송신 빔형성 가중치 목표 행렬을 생성한 후, 상기 수신 안테나 응답 행렬을 상기 송신 빔형성 가중치 목표 행렬의 근사값으로 변환시키는 행렬을 상기 안테나 응답 변환 행렬로 선택하는 것을 특징으로 하는 역방향 배열 응답 벡터를 이용한 순방향 빔형성 방법.

청구항 8.

제 7 항에 있어서,

상기 제 1 서브 단계는,

빔의 부엽 레벨을 감소시키기 위하여 수신 안테나 응답 벡터에 윈도우 함수를 곱한 것을 상기 송신 빔형성 가중치 목표 벡터로 지정하는 것을 특징으로 하는 역방향 배열 응답 벡터를 이용한 순방향 빔형성 방법.

청구항 9.

제 8 항에 있어서,

상기 제 1 서브 단계는,

부엽 레벨 및 주엽 폭을 조절하기 위하여 상기 윈도우 함수를 조정하는 것을 특징으로 하는 역방향 배열 응답 벡터를 이용한 순방향 빔 형성 방법.

청구항 10.

제 7 항에 있어서,

상기 제 1 서브 단계는,

상기 배열 안테나의 지향각에 따른 이득 변화를 제거하기 위하여 각각의 단말기 입사 각도에 해당하는 송신 안테나 응답 벡터에 단일 안테나 이득 보상값을 곱하여 상기 송신 빔 형성 가중치 목표 행렬로 지정하는 것을 특징으로 하는 역방향 배열 응답 벡터를 이용한 순방향 빔 형성 방법.

청구항 11.

제 10 항에 있어서,

상기 제 1 서브 단계는,

특정 각도에 대한 단일 안테나 이득과 반비례하도록 상기 단일 안테나 이득 보상값을 지정하는 것을 특징으로 하는 역방향 배열 응답 벡터를 이용한 순방향 빔 형성 방법.

청구항 12.

제 4 항에 있어서,

상기 제 3 단계는,

각도 별로 지향성이 뛰어난 빔형성 가중치를 미리 계산하여 저장해두는 제 1 서브 단계;

섹터내의 모든 각도에 대한 수신 안테나 응답 벡터를 미리 측정하여 저장하는 제 2 서브 단계;

상기 제 2 단계에서 구한 수신 배열 응답 벡터에서 역방향 페이딩 성분을 제거하여 수신 안테나 응답 벡터를 구하는 제 3 서브 단계;

상기 제 3 서브 단계에서 구한 수신 안테나 응답 벡터와 상기 제 2 서브 단계에서 저장한 수신 안테나 응답 벡터의 상관값을, 처음에는 넓은 각도 간격으로 구하여 도래각 근사치를 획득하고, 다음에는 상기 도래각 근사치 주위의 각도 범위에서 좁은 각도 간격으로 구하여 신호 도래각을 추정하는 제 4 서브 단계;

상기 제 1 서브 단계에서 미리 계산한 빔형성 가중치 중 상기 제 4 서브 단계에서 획득한 도래각에 해당하는 빔형성 가중치를 순방향 빔형성 가중치로 활용하는 제 5 서브 단계를 포함하여 이루어진 것을 특징으로 하는 역방향 배열 응답 벡터를 이용한 순방향 빔 형성 방법.

청구항 13.

제 4 항에 있어서,

상기 제 3 단계는,

각도 별로 지향성이 뛰어난 빔형성 가중치를 미리 계산하여 저장해두는 제 1 서브 단계;

픽처내의 모든 각도에 대한 수신 안테나 응답 벡터를 미리 측정하여 저장하는 제 2 서브 단계;

상기 제 2 단계에서 구한 수신 배열 응답 벡터에서 역방향 페이딩 성분을 제거하여 수신 안테나 응답 벡터를 구하는 제 3 서브 단계;

상기 제 3 서브 단계에서 구한 수신 안테나 응답 벡터에, 처음에는 빔폭을 넓게하는 윈도우 함수를 곱한 후 상기 제 2 서브 단계에서 저장한 수신 안테나 응답 벡터와 넓은 각도 간격으로 상관값을 구하여 도래각 근사치를 획득하고, 다음에는 빔폭을 앞의 경우보다 좁게하는 윈도우를 곱한 후 상기 도래각 근사치 주위의 각도 범위에서 좁은 각도 간격으로 상관값을 구하여 신호 도래각을 추정하는 제 4 서브 단계;

상기 제 1 서브 단계에서 미리 계산한 빔형성 가중치 중 상기 제 4 서브 단계에서 획득한 도래각에 해당하는 빔형성 가중치를 순방향 빔형성 가중치로 활용하는 제 5 서브 단계를 포함하여 이루어진 것을 특징으로 하는 역방향 배열 응답 벡터를 이용한 순방향 빔 형성 방법.

청구항 14.

컴퓨터에,

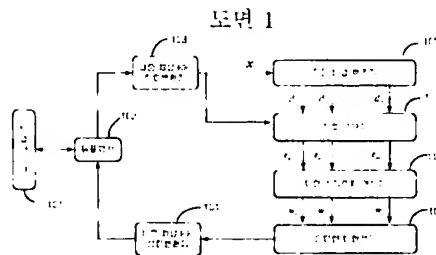
수신 배열 응답 벡터 추정을 위하여 필요한 기준 신호를 생성하는 제 1 단계;

상기 제 1 단계에서 생성된 기준 신호 와 상기 RF 데이터를 곱하여 만든 신호의 시간에 대하여 평균값을 구함으로써 수신 배열 응답 벡터를 추정하는 제 2 단계;

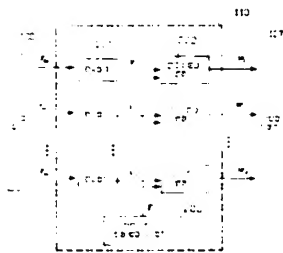
상기 제 2 단계의 수신 배열 응답 벡터에서 역방향 채널 성분을 제거하여 수신 안테나 응답 벡터를 구한 후, 이를 이용하여 송신 빔형성 가중치를 연산하는 제 3 단계; 및

상기 제 3 단계에서 변환된 상기 송신 빔 형성 가중치와 사용자 신호를 곱하여 송신 안테나 빔을 형성하는 제 4 단계를 포함하여 이루어진 것을 실행시킬 수 있는 프로그램을 기록한 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록 매체.

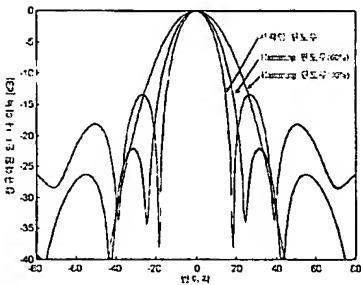
도면



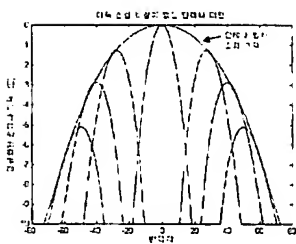
도면 2



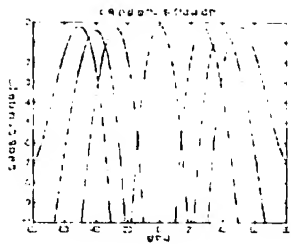
도면 3



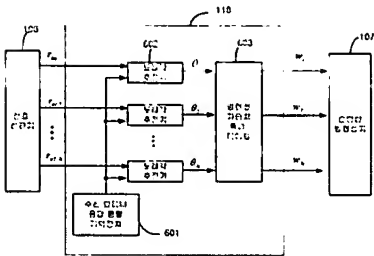
도면 4



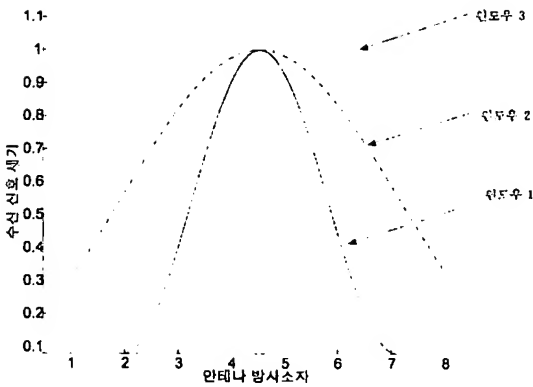
도면 5



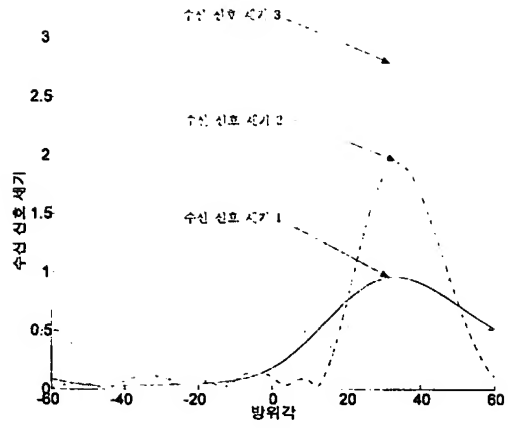
도면 6



도면 7



도면 8



도면 9

